



УДК 630*561.24

Анализ динамики ширины годичных колец сосны обыкновенной в условиях Восточного Забайкалья

И. Л. Вахнина

Институт природных ресурсов экологии и криологии СО РАН, г. Чита
E-mail: vahnina_il@mail.ru

Аннотация. Определены значения ширины годичных колец древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территории Восточного Забайкалья в условиях климата с дефицитом осадков. Проведён сравнительный анализ индексированной обобщённой древесно-кольцевой хронологии и основных климатических параметров среды (среднемесячной температуры воздуха и количества осадков) за период с 1894 года.

Ключевые слова: сосна, радиальный прирост, древесно-кольцевые хронологии, дендрохронология, климат.

Введение

В силу того что физиологические процессы, обуславливающие ежегодный прирост годичных колец древесного растения, находятся в зависимости от целого ряда изменяющихся во времени факторов, особенно климатических, древесная растительность может служить надёжным индикатором изменений природной среды и климата [2]. Древесно-кольцевой анализ позволяет провести ретроспективную оценку влияния различных параметров среды и оценить их вклад в колебание размеров радиального прироста по годам. Целью данного исследования было определение ширины годичного кольца деревьев сосны обыкновенной, анализ её изменчивости, а также выявление статистических взаимосвязей с количеством атмосферных осадков и температурами.

Для Восточного Забайкалья, территория которого по гидротермическому показателю увлажнения относится к очень засушливой зоне [3], характерны многолетние циклические чередования засушливых и влажных периодов и неравномерное распределение осадков в течение сезона вегетации. Так, в мае выпадает 7 % годовой суммы осадков, в июне – 17 %, в июле – 28 %, в августе – 25 % и в сентябре – 12 %. При среднегодовой температуре воздуха около минус 2,7 °С в последние два десятилетия отмечается интенсивный рост летних температур и снижение зимних [5]. Кроме того, высокая инсоляция, низкая влажность воздуха, а также интенсивные ветры в период, предшествующий сезону вегетации [3], могут быть фактора-

ми, оказывающими лимитирующее влияние на прирост древесных растений.

Материалы и методы

Сбор дендрохронологического материала (кernов древесины) проводился на участке, расположенном в лесостепной зоне в Читино-Ингодинской впадине и на отрогах ограничивающего её с юго-востока хребта Черского, в 20 км к северо-востоку от г. Читы (52°11' с. ш., 113°31' в. д., 654 м над у. м.). Участок расположен на пологом (менее 10–15 %) склоне юго-западной экспозиции. Местообитание характеризуется как сухое, увлажнение грунтов происходит за счёт атмосферных осадков, грунтовые воды залегают на глубинах 5–7 м. Почвы относятся к мерзлотно-таёжному типу, лёгкие по механическому составу. Модельные деревья произрастают в составе сосняка рододендрово-травяного, который по лесорастительным и таксационным характеристикам является одним из репрезентативных для сосны обыкновенной на исследуемой территории. Древесный ярус (9С1БЛ), при полноте насаждения 0,6 представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и берёзой плосколистной (*Betula platyphylla* Sukaczew), единично в состав насаждения входит лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr.). Средняя высота сосны 24 м, средний диаметр 35 см.

Керны для измерений ширины годичного кольца отбирали с живых деревьев на высоте около 1,3 м от шейки корня. Подготовку образцов для дальнейших исследований проводили по общепринятой методике [4]. Все этапы из-

мерений и последующий анализ были выполнены в лаборатории структуры древесных колец Института леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН (г. Красноярск). Ширина годичных колец (ШГК) измерялась с точностью до 0,01 мм на автоматизированной установке Lintab-III, состоящей из микроскопа и измерительного стола. Затем индивидуальные древесно-кольцевые серии перекрёстно датировались визуально и с помощью графического пакета TSAP [9]. Для оценки правильности датировки использовалась программа COFESHA из пакета программ DPL [8]. Для устранения выраженного возрастного тренда в изменчивости ШГК каждого дерева стандартизация абсолютных значений проводилась в программе ARSTAN с использованием отрицательной экспоненты или линейной регрессии, которые наиболее соответствовали кривой радиального прироста. На основе стандартизированных индивидуальных серий путём усреднения была построена обобщённая древесно-кольцевая хронология, характеризующая изменчивость прироста по годам на исследуемом участке.

В анализе использованы два вида данных: данные первичных измерений радиального прироста (абсолютные величины ШГК) и индексы обобщённой древесно-кольцевой хронологии. Последние максимально сохраняют климатически обусловленные изменения радиального прироста деревьев. Сила климатиче-

ского сигнала и качество построенных хронологий оценивались с помощью стандартных показателей описательной статистики (среднее значение, стандартная ошибка, дисперсия и др.) и традиционных дендрохронологических параметров (RBAR, EPS и др.), рассчитанных в программе ARSTAN. Для выявления климатических факторов, лимитирующих прирост годичных колец в конкретных условиях произрастания, проводился анализ отклика стандартной древесно-кольцевой хронологии на среднемесячные значения температуры воздуха и месячные суммы атмосферных осадков за гидрологический год по данным метеостанции г. Читы. Функции отклика рассчитаны с помощью корреляционного анализа, который традиционно применяется в классических дендроклиматических работах [1; 6; 7 и др.].

Результаты и обсуждение

В результате выполненных инструментальных измерений по 16 кернам сосны были получены индивидуальные серии абсолютных значений ШГК и обобщённая стандартная хронология продолжительностью в 163 года (период с 1847 по 2007 гг.). Минимальный возраст исследуемых деревьев составил 81 год. Поскольку репрезентативная выборка древесных кернов представлена только с 1894 г., длительность проанализированного периода составила 116 лет (рис. 1).

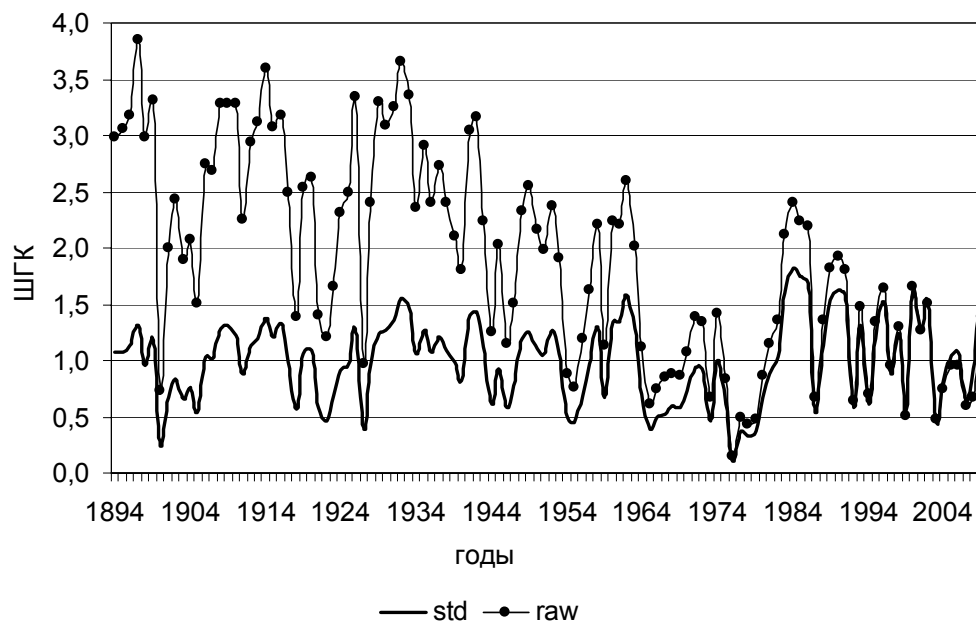


Рис. 1. Хронологические изменения ширины годичных колец сосны обыкновенной в Восточном Забайкалье за период с 1894 по 2007 гг. (raw – абсолютные значения, мм; std – стандартная хронология, индексы)

Так как модельные деревья произрастают в сходных условиях, отмечается высокая синхронность погодичной изменчивости приростов отдельных из них, что подтверждает высокий межсерийный коэффициент корреляции: от 0,54 до 0,91 при среднем значении $r = 0,8$. Визуальный анализ многолетней динамики усреднённой возрастной кривой радиального прироста по амплитудам колебаний прироста позволил выделить два периода: 1894–1964 и 1965–2009 гг. Основные статистические характеристики абсолютных значений радиального прироста за весь исследуемый интервал и по периодам приведены в таблице.

Период с 1894 по 1964 гг. характеризуется наибольшими средними значениями ШКГ. Такие результаты связаны с возрастными особенностями, когда максимальные размеры колец формируются в начальный период роста. Увеличение значений дисперсии вызвано разной длительностью серий, включённых в обобщённую древесно-кольцевую хронологию. Минимальной шириной годичных колец, по сравнению с соседними годами, выделяются 1900, 1905, 1911, 1918, 1922, 1927, 1940, 1946, 1955 и

1959 гг. Прирост в эти годы варьирует от 0,73 мм (1900 г.) до 2,25 мм (1911 г.). В этот период можно выделить кратковременные циклы прироста, периодичность которых составляет 4–6 лет.

После 1962 г. отмечается тенденция к спаду интенсивности радиального прироста, который достигает минимума в 1965 г. (0,6 мм). Далее наступает период, в течение которого радиальный прирост сосны отличается более низкими амплитудами значений ШКГ (от 0,1 мм до 2,4 мм), при этом дисперсия снижается в два раза по сравнению с предыдущим периодом (табл.). Наряду с 3–5-летними депрессиями прироста отмечаются резкие его колебания от года к году. Наиболее выраженные минимумы приходятся на 1965, 1976–1979, 1987, 1992, 1994, 1999 и 2003 гг., когда ширина колец изменялась от 0,15 мм (1965 г.) до 0,7 мм (1994 г.). Отмечено, что экстремумы минимальных приростов приходятся на годы, когда количество атмосферных осадков не превышало 150–270 мм при среднем значении 332 мм (от 150 мм до 550 мм) за период с 1962 по 2007 гг.

Таблица

Статистические параметры усредненных абсолютных значений радиального прироста годичных колец сосны обыкновенной в Восточном Забайкалье по периодам

Период, годы	Кол-во лет	\bar{x}	m	lim		σ^2
				min	max	
1894–2009	116	1,9	0,09	0,1	3,8	0,85
1894–1964	71	2,4	0,09	0,7	3,8	0,61
1965–2009	45	1,1	0,08	0,1	2,4	0,3

Примечание: \bar{x} – среднее значение, m – ошибка среднеарифметического значения, lim – границы вариации признака, σ^2 – дисперсия

Кривые многолетней динамики суммы годовых атмосферных осадков и размеров погодичного радиального прироста сосны показывают, что осадки и прирост синхронно изменяются во времени (рис. 2).

Традиционные дендрохронологические показатели обобщённой древесно-кольцевой хронологии свидетельствуют о хорошем качестве полученной информации и возможности её использования для дальнейшего анализа. Показатель EPS (чувствительность древесно-кольцевой хронологии к изменению внешних факторов) равен 0,99–0,96; RBAR (рассчитывающий

среднее значение коэффициента корреляции между отдельными древесно-кольцевыми сериями) – 0,65–0,83, SD (среднеквадратичное отклонение, показывающее амплитуду погодичной изменчивости прироста) – 0,35.

Чтобы выявить основные климатические переменные, которые определяют многолетнюю изменчивость прироста сосны в условиях Восточного Забайкалья, с помощью корреляционного анализа были рассчитаны функции отклика между индексами стандартной древесно-кольцевой хронологии сосны, температурой воздуха и количеством осадков с 1894 по 2007 гг.

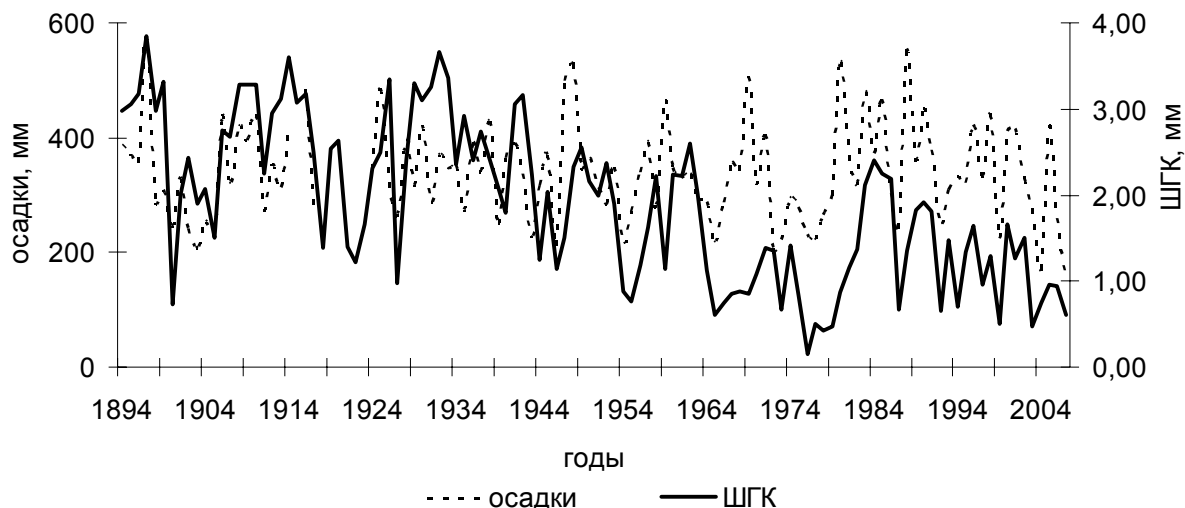


Рис. 2. Погодичная изменчивость абсолютных значений ШГК и годовых сумм атмосферных осадков

Корреляционный анализ, достоверные значения (при $P < 0,05$) которого лежат за пределами интервала от 0,2 до $-0,2$, показал, что наибольшее влияние на радиальный прирост сосны оказывает среднегодовая сумма осадков ($r = 0,45$) (рис. 3). Наличие достоверной связи выявляется и с суммой осадков за отдельные месяцы периода вегетации, в частности, мая ($r = 0,28$), июня ($r = 0,4$), июля ($r = 0,22$). Отмечена положительная значимая связь с осадками сентября предыдущего года ($r = 0,31$), которые

обеспечивают запас почвенной влаги к началу сезона вегетации и косвенным образом свидетельствуют о важности увлажнения почвенного профиля на начальном этапе камбиальной активности. Необходимо также отметить, что в результате анализа выявлено отрицательное влияние июльских температур ($r = -0,45$), что может быть связано с повышенным испарением влаги и увеличением транспирации в этот период.

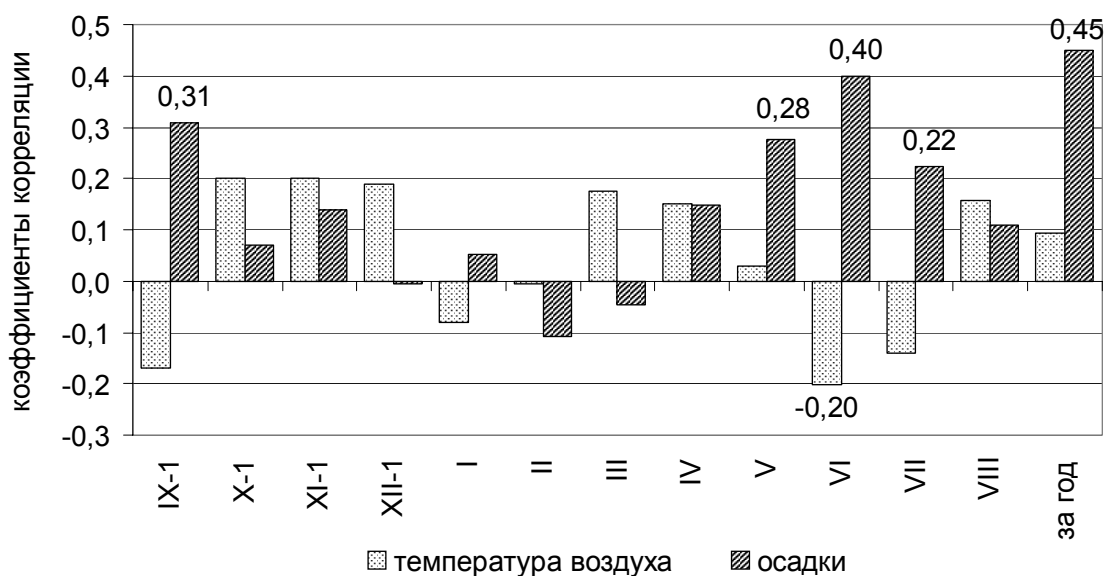


Рис. 3. Коэффициенты корреляции между показателями стандартной древесно-кольцевой хронологии сосны обыкновенной и климатических переменных в Восточном Забайкалье в интервале с 1894 по 2007 гг.

Заключение

Анализ динамики радиального прироста сосны обыкновенной в лесостепной зоне Восточного Забайкалья показал, что возраст деревьев на исследованной локальной территории не превышает 180 лет, при этом отдельные серии приростов годовых колец характеризуются классическим возрастным трендом, продолжительность которого в среднем колеблется от 40 до 60 лет. Высокая синхронность годовых и многолетних колебаний в характере изменчивости ШГК между отдельными деревьями свидетельствует о сходном отклике приростов сосны на условия внешней среды. Дендроклиматический анализ обобщенной древесно-кольцевой хронологии сосны позволяет сделать вывод, что основным лимитирующим фактором формирования радиального прироста является атмосферное увлажнение. Выявлена высокая статистическая значимость как среднегодового количества атмосферных осадков, так и осадков в период вегетации (май, июнь, июль). Полученные нами данные также демонстрируют существенное влияние температуры воздуха первой половины вегетационного периода на процесс формирования радиального прироста сосны. Этот вывод подтверждается значимой корреляционной связью динамики ширины годовых колец с температурами июля.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект 11-04-98013-р_сибирь_а.

Литература

1. Ваганов Е. А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа. – Новосибирск : Наука, 1996. – 246 с.
2. Горчаковский П. Л. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях / П. Л. Горчаковский, С. Г. Шиятов. – М. : Наука, 1985. – 208 с.
3. Зильберштейн И. А. Климат Читы / И. А. Зильберштейн, Н. А. Швец. – Л. : Гидрометеоздат, 1982. – 248 с.
4. Методы дендрохронологии. Часть I. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : уч.-метод. пособие / С. Г. Шиятов [и др.]. – Красноярск : КрасГУ, 2000. – 80 с.
5. Обязов В. А. Изменение температуры воздуха и увлажненности территории Забайкалья и приграничных районов Китая / В. А. Обязов // Природоохранное сотрудничество Читинской области (РФ) и автономного района Внутренняя Монголия (КНР) в трансграничных экологических регионах : материалы конф. – Чита : Изд-во ЗабГГПУ, 2007. – С. 247–250.
6. Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С. Г. Шиятов. – М. : Наука, 1986. – 136 с.
7. Fritts H. Tree rings and climate / H. Fritts. – London ; N. Y. ; San Francisco : Acad. Press, 1976. – 567 p.
8. Holmes R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring data and measurement / R. L. Holmes // Tree-ring bul. – 1983. – Vol. 43. – P. 69–78.
9. Rinn F. TSAP V3.5. Computer program for tree-ring analysis and presentation / F. Rinn. – Heidelberg : Frank Rinn Distribution, 1996. – 264 p.

Tree-ring analysis of common pine in East Transbaikalia

I. L. Vakhnina

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita

Abstract. The work is devoted to investigation of absolute values of radial increment of a common pine (*Pinus sylvestris* L.) in droughty climate in the East Transbaikalia. Response function of tree-ring chronologies with atmospheric precipitates and air temperature since 1894 was reseeded.

Key words: common pine, radial increment, tree-ring chronologies, dendrochronology, climate.

*Вахнина Ирина Леонидовна
Институт природных ресурсов, экологии
и криологии СО РАН
672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16 а
младший научный сотрудник
тел. (3022) 20–61–67
E-mail: vahnina_il@mail.ru*

*Vakhnina Irina Leonidovna
Institute for Natural Resources, Ecology
and Cryology SB RAS
16a Nedorezova St., Chita, 672014
junior research scientist
phone: (3022) 20–61–67
E-mail: vahnina_il@mail.ru*